

镀铁铜镍及合金 修复技术

王尚义 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

镀铁铜镍及合金 修复技术

王尚义 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

镀铁铜镍及合金修复技术/王尚义编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 6

ISBN 7-5025-8951-1

I. 镀… II. 王… III. ①铁-电镀②镀铜③镀镍④镀合金
IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 068610 号

镀铁铜镍及合金修复技术

王尚义 编著

责任编辑: 段志兵

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8¼ 字数 214 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8951-1

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

电镀是兼具修复和制造的金属表面强化及防护装饰性实用技术，它技术性能优异，组合灵活，已在国民经济建设和国防建设的诸多领域中，成为修理和制造技术的亮点，具有广阔的应用前景。尤其在当前提倡节约型社会，节能降耗，节约国家财产方面具有重要意义。因此，我根据多年从事电镀工作经验，并参考有关技术资料，编写了本书，希望能对读者有所帮助。

本书重点介绍有关镀铁以及常用的镀铜、镀镍、镀合金的修复机器零件的工艺方法、应用实例、故障处理、主要挂具及设备，并附有关电镀数据和安全技术知识。

镀铬修复是重要的电镀修复方法。由于有专门的图书（《镀铬修复及应用实例》，王尚义编著，化学工业出版社 2006 年 5 月出版），本书仅在第 1 章对镀铬技术进行概述，具体内容请参考《镀铬修复及应用实例》。

由于本人水平有限，书中不妥之处在所难免，祈请读者不吝指教。

编著者

2006 年 6 月

目 录

第 1 章 电镀修复技术概述	1
1.1 电镀基本原理	1
1.2 电镀修复层的性能和特点	2
1.2.1 镀铬层	2
1.2.2 镀铁层	3
1.2.3 镀铜层	3
1.2.4 镀镍层	4
1.2.5 镀合金层	4
1.3 电镀修复技术的应用范围	5
1.3.1 镀铬	5
1.3.2 镀铁	6
1.3.3 镀铜	6
1.3.4 镀镍	7
1.3.5 镀合金	8
1.4 电镀修复技术中应注意的问题	9
1.4.1 镀铬	9
1.4.2 镀铁	10
1.4.3 镀铜	10
1.4.4 镀镍	11
1.4.5 镀合金	11
1.5 电镀修复车间的设备配置	13
1.5.1 概述	13
1.5.2 设备布置方法	13
1.5.3 电镀车间的主要设备	14
1.5.4 设备布置平面示意图	15
第 2 章 镀铁	19

2.1	电解铁的性能	19
2.1.1	基本性能	19
2.1.2	力学性能	19
2.2	铁镀层的应用	21
2.2.1	铁镀层的应用优点	21
2.2.2	镀铁层的应用	22
2.3	镀铁电镀液的成分和电解规范的选择	22
2.3.1	镀铁电镀液的选择	22
2.3.2	选定热的氯化物电镀液及其工作规范	23
2.4	电镀条件对铁镀层的影响	24
2.5	氯化亚铁电镀液的配制	29
2.5.1	氯化亚铁电镀液的配制方法	29
2.5.2	氯化亚铁电镀液成分的检验	31
2.5.3	氯化亚铁电镀液酸度的选择	35
2.6	氯化亚铁电镀液的校正	35
2.6.1	电镀液成分的校正	35
2.6.2	电镀液酸度的校正	36
2.7	镀铁前零件的准备要点	37
2.7.1	机械加工	37
2.7.2	退火	38
2.7.3	除油	39
2.7.4	强腐蚀	40
2.7.5	绝缘	42
2.7.6	阳极弱腐蚀	43
2.8	挂具	44
2.9	阳极	47
2.10	镀铁槽的保养和使用	49
2.10.1	镀铁槽的保养	49
2.10.2	镀铁槽的使用	50
2.11	镀铁层的缺陷及消除方法	54
2.12	镀铁层的退除	55
2.13	镀铁后的处理	56
2.13.1	清洗及中和	56

2.13.2	铁镀层的强化处理	56
2.14	机器零件镀铁修复的典型工艺规程	58
2.14.1	镀铁后进行时效处理的零件修复工艺	58
2.14.2	镀铁后进行渗碳的零件修复工艺	59
2.14.3	镀铁零件的确定	59
2.15	铸铁零件的镀铁	62
2.16	汽车零件镀铁修复工艺	62
2.16.1	转向节修复	62
2.16.2	前钢板销修复	65
2.16.3	差速器十字轴修复	66
2.16.4	转向节销修复	69
2.16.5	后弹簧吊耳销修复	71
2.16.6	变速箱主动轴镀铁修复	72
2.16.7	转向直拉杆轴镀铁修复	73
2.16.8	轴承座圈镀铁修复	73
2.16.9	后轴钢套镀铁修复	75
2.16.10	汽门挺杆镀铁修复	76
2.17	拖拉机及其他零件镀铁修复工艺	77
2.17.1	拖拉机起动机电枢轴镀铁修复	77
2.17.2	拖拉机发电机电枢轴镀铁修复	78
2.17.3	拖拉机转向节镀铁修复	79
2.17.4	拖拉机变速箱副轴镀铁修复	80
2.17.5	拖拉机活塞销镀铁修复	81
2.17.6	金属切削机床零件镀铁修复	83
2.17.7	印刷线路板镀铁修复工艺	85
2.17.8	硬质合金刀片焊前镀铁	86
2.18	直流镀铁新工艺	87
2.18.1	直流镀铁新工艺方法	87
2.18.2	直流镀铁新工艺修复应用要点	91
2.18.3	船用汽缸套镀铁修复	93
2.18.4	解放牌车曲轴镀铁新工艺	95
2.19	不对称交流-直流电低温镀铁新工艺	97
2.19.1	概述	97

2.19.2	原理简介	97
2.19.3	不对称交流-直流电低温镀铁的一般工艺程序	98
2.19.4	低温镀铁所用的电镀液	101
2.19.5	不对称交流-直流电低温镀铁典型工艺过程	102
2.19.6	不对称交流-直流低温镀铁修复机器零件实例	108
2.20	镀铁设备	123
2.20.1	概述	123
2.20.2	热氯化亚铁镀铁槽	123
2.20.3	热氯化亚铁镀槽电力加热器	124
2.20.4	电镀液滤清装置	126
2.20.5	不对称交流-直流低温镀铁电气设备	127
第3章	镀铜	131
3.1	镀铜层的特性和用途	131
3.1.1	特性	131
3.1.2	用途	131
3.2	镀铜用的电镀液	132
3.3	酸性镀铜	133
3.3.1	酸性镀铜电镀液的成分	133
3.3.2	工作规范	134
3.3.3	酸性电镀液的配制	135
3.3.4	酸性镀槽的保养	135
3.4	氰化物镀铜	136
3.4.1	氰化物镀铜液的成分	136
3.4.2	工作规范	137
3.4.3	氰化物镀铜电镀液的配制	138
3.4.4	电镀液的校正	139
3.4.5	氰化物镀铜槽的保养	139
3.5	无氰镀铜	140
3.6	铜镀层的退除	141
3.7	镀铜电镀液的分析	142
3.7.1	氰化物电镀液中铜含量的测定	142
3.7.2	游离氰化物含量的测定	143
3.7.3	氰化物电镀液中碳酸盐含量的测定	143

3.7.4	硫酸电镀液中铜含量的测定	144
3.7.5	硫酸含量的测定	144
3.8	机器零件镀铜修复工艺实例	145
3.8.1	汽车零件镀铜修复	145
3.8.2	曲轴和连杆轴瓦外表面镀铜工艺	145
3.8.3	转向蜗杆和气门导管镀铜工艺	147
3.8.4	青铜衬套镀铜工艺	147
3.8.5	连杆铜套镀铜修复工艺	148
3.8.6	曲轴瓦片外表面镀铜修复工艺	149
3.8.7	防止渗碳镀铜修复工艺	149
3.9	镀层检验	151
第4章	镀镍	153
4.1	镀镍层的特性和用途	153
4.1.1	特性	153
4.1.2	用途	153
4.2	镀镍电镀液的成分和工作规范	154
4.2.1	电镀液成分	154
4.2.2	工作规范	155
4.3	镀镍电镀液的配制	156
4.4	电镀液的处理和校正	157
4.5	镀镍槽的工作制度	158
4.6	镀镍典型工艺过程	159
4.7	镀液各成分的作用及影响	161
4.8	镀镍槽工作中缺陷及消除方法	163
4.9	镍镀层的退除	165
4.10	镍镀层的检验	166
4.11	镍电镀液的分析	167
第5章	镀铁-镀铬组合修复法	170
5.1	概述	170
5.2	镀铁规范的选择	171
5.3	镀铁前零件的准备	172
5.3.1	机械加工	172
5.3.2	退火	172

5.3.3	除油	173
5.3.4	强腐蚀	173
5.3.5	绝缘	174
5.3.6	阳极弱腐蚀	174
5.4	镀件在槽中的配置	175
5.5	镀铁后进行镀铬的零件修复工艺过程	175
5.6	几种汽车零部件的镀铁-镀铬修复工艺	176
5.6.1	差速器十字轴的镀铁-镀铬修复	176
5.6.2	转向节销镀铁-镀铬修复工艺	178
5.6.3	变速箱主轴镀铁-镀铬修复	180
第6章	电镀合金	181
6.1	电镀铅锡锡合金	181
6.1.1	铅锡锡减摩合金镀层	181
6.1.2	电镀铅锡锡合金的工艺流程	183
6.1.3	工艺说明	183
6.2	电镀铅锡合金	187
6.2.1	概述	187
6.2.2	电镀铅锡合金工艺过程	188
6.2.3	槽液配制方法	188
6.2.4	槽液分析及校正	190
6.2.5	镀层缺陷及消除方法	192
6.2.6	镀层质量检验	192
6.3	电镀铅锡合金	192
6.3.1	概述	192
6.3.2	电镀液成分及其作用	193
6.3.3	操作中应注意事项	195
6.3.4	镀层质量检验	195
6.4	电镀黄铜	195
6.4.1	概述	195
6.4.2	电镀液成分及其作用	196
6.4.3	镀黄铜的工艺过程	198
6.4.4	注意事项	200
6.4.5	镀层检验	201

6.4.6	镀层缺陷产生原因及排除方法	201
6.5	无氰电镀低锡青铜	201
6.5.1	概述	201
6.5.2	焦磷酸盐-锡酸钠电镀液的配方和工艺条件	201
6.5.3	电镀液各成分的作用及影响	201
6.5.4	电镀液的配制	203
6.5.5	工艺过程	203
6.5.6	缺陷产生原因及消除方法	206
6.5.7	不合格镀层的退除	206
6.6	电镀铬镍合金	209
第7章	刷镀铜镍修复汽车零部件实例	211
7.1	发动机汽缸体主轴轴承孔刷镀修复	211
7.1.1	镀前准备	211
7.1.2	电刷镀工艺过程	211
7.1.3	镀后加工	212
7.1.4	注意事项	212
7.2	五十铃车汽缸体曲轴轴承座孔刷镀修复	213
7.2.1	镀前工艺	213
7.2.2	镀打底层	213
7.2.3	镀快速铜	213
7.2.4	镀快速镍	213
7.3	汽车轮毂内外轴承座孔刷镀修复	214
7.3.1	表面清理	214
7.3.2	电净、活化需刷镀的表面	214
7.3.3	刷镀镍	214
7.4	QT、HT 汽车轮毂轴承承孔刷镀修复	215
7.5	汽车内外装饰件刷镀修复	216
7.6	汽车变速器壳体孔的刷镀修复	217
7.7	柴油车喷油泵调速器推力盘轴刷镀修复	217
7.8	曲轴刷镀修复	218
7.8.1	镀前准备	218
7.8.2	刷镀工艺条件	218
7.9	矩形花键刷镀修复	220

7.9.1 工艺要求	220
7.9.2 注意的问题	221
7.10 刷镀巴氏合金修复轴瓦	222
7.11 汽车前工字梁刷镀修复	222
第8章 安全技术和劳动保护	225
8.1 电镀车间的一般安全技术规则	225
8.2 使用酸和碱的安全技术	226
8.3 使用有机溶剂的安全技术	227
8.4 使用氰化物溶液的安全技术	228
8.5 使用铬酐的安全技术	229
8.6 中毒和灼伤时的急救	230
附录 I 酸、碱和盐的浓度密度对照表	232
1. 硫酸	232
2. 氢氟酸	234
3. 硝酸	234
4. 盐酸	235
5. 磷酸	236
6. 硅氟酸	236
7. KOH 和 NaOH 溶液 (15℃)	237
8. 无水碳酸钠溶液 (20℃)	237
9. 铬酐溶液 (15℃)	238
10. 硫酸铜电镀液 (25℃)	238
11. 氯化亚铁溶液 (15.5℃)	238
附录 II 电镀有关数据	239
1. 金属标准电极电位	239
2. 电流效率与沉积厚度	239
3. 几种金属的电化学当量	240
参考文献	241

第 1 章

电镀修复技术概述

1.1 电镀基本原理

金属的电镀，是在盛有一种作为电流导体的电解液的特制镀槽内进行的。在溶解情况下，电解质的分子离解为离子，即带正电荷的阳离子（如金属离子和氢离子）和带负电荷的阴离子（如氢氧离子和酸根离子）。当电流通过电解液时，阳离子趋向阴极，而阴离子趋向阳极。被镀的零件作为阴极，与电源的负极相连，金属板当作阳极，它与电源的正极相联。阳极可以是可溶性的（如镀镍的镍），或不溶性的（如镀铬时的铅）。

金属的电解依据下面的法拉第两个定律：

① 电解时，阴极上金属的镀量与所通过电解液的电量成正比。

② 当用同样的电量通过电解液时，各种不同金属在阴极上所镀的重量与它们的化学当量成正比。

机器零件修复对电镀层的质量有如下要求。

① 不论镀层的作用为何（防护和装饰性的、耐磨的和特殊用途的），均应很好地与基体金属相结合，而且在猛烈震动和冲撞时，多次反复弯折时，以及其他机械作用时，镀层不应脱落。

在电镀前，应极仔细地预加工金属表面，正确地执行电镀所需的一切工艺操作要求，以便达到上述要求。

② 在整个所镀表面上，镀层的厚度应该均匀，而在防护-装饰性的电镀中，镀层的孔隙数量应极少，因为在使用时，孔隙能成为

腐蚀的发源地。

③ 镀层应该很硬，特别是铬镀层和铁镀层，因为若镀层比较易于被磨损，它的寿命将不长，会失掉本身的作用。

除此之外，在很多情况下，对于镀层还有增加抗摩擦性（摩擦阻力要较小）和其他很多特性的要求。

1.2 电镀修复层的性能和特点

比起热喷镀法和热浸镀法（把零件浸入熔化的金属中的热镀）来，电镀中金属的消耗量较小，所得到的金属沉积层质量很高，镀层金属与基体金属的结合很强，还可以用改变操作的持续时间和所用电流密度的方法来准确地调节镀层厚度。

1.2.1 镀铬层

用电镀法沉积得的铬层，呈略带浅蓝的银色，相对密度为 6.9~7.1，熔点为 1800~1900℃。

在各种金属中，铬的硬度很高，它比最硬的淬过火的钢料还要硬，而接近于刚玉和金刚石；还有很高的耐磨性、耐火性（达 500℃）和很强的稳定性（在表面上生成一层透明的氧化薄膜，保护它不会继续毁坏）。

盐酸能溶解铬，稀硝酸能与铬起作用，但浓硝酸反能使铬表面生一层保护膜而变得稳定。

有机酸和硫化氢对铬不起作用。

铬的特征和极良好的性质便是它的抗摩擦性。镀铬的钢与钢及巴氏合金间摩擦系数见表 1-1。铬的力学性能见表 1-2。

表 1-1 镀铬的钢与钢及巴氏合金之间的摩擦系数

被试验的摩擦 对的名称	摩擦系数		被试验的摩擦 对的名称	摩擦系数	
	静摩擦	滑动摩擦		静摩擦	滑动摩擦
镀铬的钢与镀铬的钢	0.14	0.12	钢与巴氏合金	0.25	0.20
巴氏合金与镀铬的钢	0.15	0.13	巴氏合金与巴氏合金	0.34	0.19
钢与镀铬的钢	0.17	0.16	钢与钢	0.30	0.20

表 1-2 铬的力学性能

指 标	铬层厚度/mm								
	65℃, 电流密度 20A/dm ²			55℃, 电流密度 35A/dm ²			45℃, 电流密度 40A/dm ²		
	乳白镀层			光亮镀层			镀焦的镀层 (无光泽的)		
	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
正弹性模数/(kgf/mm ²)	—	—	2.1×10 ⁴	—	—	1.8×10 ⁴	—	—	1.7×10 ⁴
相对密度	—	—	7.1	—	—	7.0	—	—	6.9
镀层的破裂强度/(kgf/mm ²)	50.5	27.6	16.3	62.5	39.8	30.8	60.0	36.6	25.7
铬层与钢结合的剪切强度/(kgf/mm ²)	30.0			30.0			30.0		
铬层与钢结合的破裂强度/(kgf/mm ²)	比铬层的破裂强度大								
铬层抗切断负荷的强度/(kgf/mm ²)	32.2	26.8	19.1	36.4	18.4	11.7	42.3	20.4	11.7

1.2.2 镀铁层

电镀所得的铁的性质如下：相对密度为 7.71，熔点为 1650℃，光洁度和均匀性都很高，易于氧化，当处在湿气中时表面将生锈。

电镀所得的铁，颇脆，因为在电镀时有氢气进入铁内，所以无论何时铁沉积层总需要热处理，以消除其脆性。将铁镀层加热到 800~900℃，就可使其中的氢气放出。当加热时镀层的结构就得到改善，并且硬度和脆性降低。

电镀铁对碱的作用有高度的安定性。电镀铁含有多量的氢(0.003%~0.1%的重量)。提高电镀液的温度和浓度，降低阴极电流密度，被吸收的氢气体量就可以降低。

电化学当量：两价铁 $1.042\text{g}/(\text{A} \cdot \text{h})$ ，三价铁 $0.694\text{g}/(\text{A} \cdot \text{h})$ ， Fe/Fe^{2+} 标准电位等于 -0.44V ，而 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 的为 $+0.75\text{V}$ 。 Fe/Fe^{3+} 的为 -0.04V 。

1.2.3 镀铜层

铜是一种红色的金属。在潮湿的空气中将生成一层绿色的薄

膜；在微微加热时，将生成一层红色的薄膜；在强烈加热（炽热）时将生成一层黑色的薄膜（铜渣）。

铜能容易地溶解于硝酸中；也能很好地溶解于浓硫酸中，特别在加热时；在盐酸中则即使加热反应也很微弱。在碱类（除氢氧化铵外）环境中，则几乎不起反应。

浇铸成的铜的相对密度为 8.6，碾轧成的铜的相对密度为 8.9；熔点均为 1083°C 。铜的原子量为 63.57，一价铜的电化学当量等于 $2.372\text{g}/(\text{A} \cdot \text{h})$ ，二价铜的等于 $1.186\text{g}/(\text{A} \cdot \text{h})$ ，标准电位 Cu/Cu^{2+} 等于 $+0.35\text{V}$ ， Cu/Cu^{+} 等于 $+0.52\text{V}$ 。

铜具有比铁高的正电位，仅能机械地保护铁。铜镀层没有单独的防护-装饰性作用，只用作镀镍、镀铬、镀银等之前的底层。

1.2.4 镀镍层

镍是银白色（发黄）的金属，相对密度 8.9，原子量 58.69，熔点 1457°C 。镍的塑性好，电镀镍具有较高的硬度。镍在大气和碱液中化学安定性好，不易变色。在温度 600°C 以上时，其表面才被氧化。镍的抗蚀性比铜高，铜制品上镀镍较为理想。镍的电化学当量为 $1.095\text{g}/(\text{A} \cdot \text{h})$ ，标准电位为 -0.25V 。镍易溶于稀硝酸中，在浓硝酸中易钝化，在硫酸及盐酸中比稀硝酸中溶解慢。

镍的电位常比铁正，因此，对钢铁来说是属于阴极性镀层，不能起电化学保护作用。只有在镀层完全无孔隙时，才能机械地保护零件基体金属。镍虽然具有在大气中化学安定性好、易于抛光等优点，但由于金属镍产量低，而被铜锡合金代替，目前在工业上少量的用于装饰性电镀的中间层。

镍能吸收大量的氢，而且氢在镍中的溶解度比在铁、钴、铜中要大些。热油、醋酸与镍有显著的反应，同时在镍上面留下暗斑。

1.2.5 镀合金层

合金电镀，就是用电镀方法在阴极上沉积出来金属的合金。电镀合金时，应有合金的几种金属离子同时存在于电镀液中，按电镀过程的规律，要使几种金属离子共同放电，必要条件是使它们的还原电位必须相同或相似。因此，我们要想获得理想的合金镀层，就

得设法创造条件使几种金属离子在阴极上的还原电位相等。这取决于电镀液的选择、操作规范等。

本书仅讲修复机器零件有关的合金，如电镀铅锡锡、铅锡、黄铜、低锡青铜、铬镍合金。

1.3 电镀修复技术的应用范围

在实际修理中，电镀铬、铜和铁等用得很广。少数情况下，也有采用镀镍、锌和其他金属等的。

1.3.1 镀铬

在修复铸铁、钢和其他金属所制的汽车、拖拉机零件以及加强其表面的各种方法中，用得较多的便是电镀铬法。对于各式各样的机器和机构以及汽车、拖拉机的零件，在严重磨损的情况下，要修复到标称尺寸并增加其耐用性，镀铬法是一个很可靠的方法。各种制品的铬层厚度如表 1-3。

表 1-3 各种制品的铬层厚度

制 品 名 称	铬层厚度/mm
量具(塞规、量规、卡规)	0.05~0.10
刀具	0.005~0.008
锯、手锯	0.003~0.005
塑料或玻璃用的压模、锻模、印刷版、蒸汽喷嘴	0.04~0.06
机器零件(轴颈、齿轮、小轴、连接销和定位销、蜗轮、连杆头、套筒、螺钉、轴、齿条等)	0.05~0.10
阴模、阳模	0.05~0.10
汽缸套	0.20~0.75
活塞环	0.10~0.15
塞规和螺纹量规(整形镀铬)	0.002~0.02

注：如果在镀铬之后必须进行磨削，则铬层应按磨去的大小留出余量。

用镀铬法来修复汽车、拖拉机零件的操作，便是用电镀法来镀上一层预先计算好的铬层，因而使机器零件恢复到原来的尺寸，镀层应具有很高的表面硬度、耐磨性、耐火性和化学稳定性（不易与